

Tabelle 2. Abstände [\AA] und Winkel [$^\circ$] der Wasserstoffbrücken.

D-H \cdots A	D-A	H-A	D-H-A
1/1-Addukt:			
O2-H \cdots N	2.664(3)	1.69(4)	173(4)
C3-H3 \cdots O1 ^a	3.308(3)	2.37(3)	160(2)
1/4-Addukt:			
N-H \cdots O1 ^b	3.020(4)	2.38(4)	130(4)
N-H \cdots O21	2.871(3)	2.14(4)	141(4)
O12-H12 \cdots O2	2.557(3)	1.74(4)	167(4)
O22-H22 \cdots O2	2.542(3)	1.59(5)	170(5)
O32-H32 \cdots O1	2.590(3)	1.76(4)	167(4)

gen, von deren detaillierter Beschreibung hier abgesehen wird, sind in beiden Strukturen erkennbar.

Die wenigen weiteren, den Autoren bekannten, geprüften Fälle eines Addukts mit molekularer und eines anderen mit ionischer Kristallstruktur in ein und demselben binären Brønsted-Säure/Base-System wurden alle im hiesigen Institut erarbeitet. Einer von ihnen liegt vor mit Pyridin und Fluorwasserstoff statt Ameisensäure. Das betreffende System enthält wieder ein molekulares 1/1- und neben mehreren anderen ein ionisches 1/4-Addukt, dieses mit einem ähnlichen komplexen Anion wie das oben beschriebene.^[3] Ameisensäure und Fluorwasserstoff hingegen bilden einen 1/1- und einen 1/3-Cokristall, von denen der erste als molekular charakterisiert und der zweite als ionisch allerdings nur diskutiert wurde, mit dem Protontransfer von der anorganischen Säure zur organischen.^[4]

Bei den übrigen Beispielen geht es um das Auftreten von Säurehydraten neben (hydratisierten) Oxoniumsalzen. Trifluoressigsäure bildet ein molekulares Mono- und ein ionisches Tetrahydrat.^[5] Zudem ist das deuterierte Tetrahydrat nur bis herauf zu 230 K isotyp, also ebenfalls ionisch, während eine hier vorhandene Hochtemperaturform trotz einiger struktureller Ähnlichkeiten wiederum eindeutig molekular ist.^[6] Von Dichlorfluoroessigsäure gibt es ein Hemi- und ein Hexahydrat, und auch von diesen ist das niedere ein echtes Hydrat und das höhere ein Oxoniumsalz.^[7] Schließlich treten im nichtdeuterierten^[8] wie im deuterierten^[9] System Wasser/Fluorwasserstoff drei Addukte auf, paarweise isotyp und alle ionisch, während eine singuläre weitere Phase^[9] mit der Zusammensetzung $2\text{D}_2\text{O} \cdot 3\text{DF}$ molekular ist.

Eingegangen am 5. Februar 1999 [Z13002]

International Edition: *Angew. Chem. Int. Ed.* **1999**, *38*, 1974–1976

Stichwörter: Carbonsäuren • Festkörperstrukturen • Protonierungen • Wasserstoffbrücken

[1] Kristallzucht durch Miniatur-Zonenschmelzen^[10] mit den stöchiometrisch zusammengesetzten Proben in Glaskapillaren (innerer Durchmesser 0.3 mm). $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}\cdot\text{HCOOH}$: monoklin, Raumgruppe $P2_1/n$, $a = 10.954(6)$, $b = 3.817(3)$, $c = 15.842(7)$ \AA , $\beta = 104.96(5)^\circ$, $V = 639.9(7)$ \AA^3 , $Z = 4$, $\rho_{\text{ber.}} = 1.30 \text{ g cm}^{-3}$, $\mu = 0.10 \text{ mm}^{-1}$; $2\theta_{\text{max.}} = 50^\circ$, 1120 unabhängige Reflexe mit $F_o^2 > -3\sigma_{F^2}$, davon 986 mit $|F_o| > 4\sigma_F$ beobachtet; Direkte Methoden, 111 Variable verfeinert gegen F^2 , $R(F)(\text{beob.}) = 0.047$, $wR(F^2)(\text{alle}) = 0.167$, Restelektronendichte zwischen -0.22 und $+0.16 \text{ e } \text{\AA}^{-3}$. $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}\cdot4\text{HCOOH}$: orthorhombisch, Raumgruppe $Pca2_1$, $a = 16.35(1)$, $b = 3.702(3)$, $c = 20.23(1)$ \AA , $V = 1225(1)$ \AA^3 , $Z = 4$, $\rho_{\text{ber.}} = 1.43 \text{ g cm}^{-3}$, $\mu = 0.13 \text{ mm}^{-1}$; $2\theta_{\text{max.}} = 60^\circ$, 1835 unabhängige Reflexe mit $F_o^2 > -3\sigma_{F^2}$, davon 1551 mit $|F_o| > 4\sigma_F$ beobachtet; Direkte Methoden, 216 Variable verfeinert gegen F^2 ,

$R(F)(\text{beob.}) = 0.041$, $wR(F^2)(\text{alle}) = 0.114$, Restelektronendichte zwischen -0.24 und $+0.22 \text{ e } \text{\AA}^{-3}$. Siemens-Stoe-AED-2-Diffraktometer adaptiert für Tieftemperaturbetrieb, graphitmonochromatisierte $\text{MoK}\alpha$ -Strahlung ($\lambda = 0.71073$ \AA); Computerprogramme: SHELXS-86, SHELXL-93 und SHELXTL PLUS.^[11] Die kristallographischen Daten (ohne Strukturfaktoren) der in dieser Veröffentlichung beschriebenen Strukturen wurden als „supplementary publication no.“ CCDC-112269 und -112270 beim Cambridge Crystallographic Data Centre hinterlegt. Kopien der Daten können kostenlos bei folgender Adresse in Großbritannien angefordert werden: CCDC, 12 Union Road, Cambridge CB2 1EZ (Fax: (+44) 1223-336-033; E-mail: deposit@ccdc.cam.ac.uk).

- [2] Zu einer kürzlichen Diskussion der Wasserstoffbrückenbindung C-H \cdots O siehe: T. Steiner, *Chem. Commun.* **1997**, 727–734, zit. Lit.
- [3] D. Boenigk, D. Mootz, *J. Am. Chem. Soc.* **1988**, *110*, 2135–2139.
- [4] D. Wiechert, D. Mootz, T. Dahlems, *J. Am. Chem. Soc.* **1997**, *119*, 12665–12666.
- [5] D. Mootz, D. Boenigk, *Z. Naturforsch. B* **1984**, *39*, 298–304.
- [6] D. Mootz, M. Schilling, *J. Am. Chem. Soc.* **1992**, *114*, 7435–7439.
- [7] T. Dahlems, D. Mootz, M. Schilling, *Z. Naturforsch. B* **1996**, *51*, 536–544.
- [8] D. Mootz, W. Poll, *Z. Anorg. Allg. Chem.* **1982**, *484*, 158–164; D. Mootz, U. Ohms, W. Poll, *Z. Anorg. Allg. Chem.* **1981**, *479*, 75–83.
- [9] W. Poll, M. Lohmeyer, D. Mootz, *Z. Naturforsch. B* **1989**, *44*, 1359–1364.
- [10] D. Brodalla, D. Mootz, R. Boese, W. Osswald, *J. Appl. Crystallogr.* **1985**, *18*, 316–319.
- [11] G. M. Sheldrick, *Acta Crystallogr. Sect. A* **1990**, *46*, 467–473; G. M. Sheldrick, Program for the Refinement of Crystal Structures, Universität Göttingen, **1993**; SHELXTL PLUS, Structure Determination System Revision 4.21/V, Siemens Analytical X-Ray Instruments, Inc., Madison, WI, **1990**.

Markownikow-Hydroborierung von Perfluoralkylethenen**

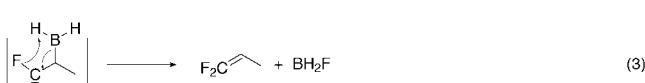
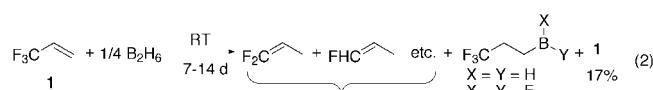
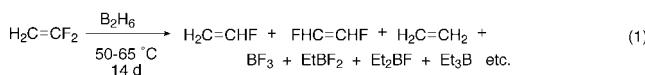
Herbert C. Brown,* Guang-Ming Chen,
Michael P. Jennings und
P. Veeraraghavan Ramachandran*

Fluororganische Verbindungen werden in zunehmendem Maße in der analytischen, biologischen, medizinischen, organischen und Polymerchemie sowie in den Materialwissenschaften eingesetzt.^[1] Die Einführung von Fluor anstelle von Wasserstoff verbessert häufig die biologischen Eigenschaften von organischen Verbindungen.^[1] Organoborane werden in vielen Syntheselaboratorien routinemäßig angewendet.^[2] Es überrascht daher, daß Organoborane bisher kaum zur Synthese von fluororganischen Verbindungen eingesetzt worden sind;^[3] so ist die Ether-katalysierte Hydroborierung von Olefinen seit über 40 Jahren bekannt.^[4] Es gibt jedoch keine Arbeiten, in denen die Addition von Boran an ungesättigte fluorhaltige Verbindungen in flüssiger Phase beschrieben

[*] Prof. H. C. Brown, Prof. P. V. Ramachandran, Dr. G.-M. Chen, M. P. Jennings
H. C. Brown and R. B. Wetherill Laboratories of Chemistry
Purdue University
West Lafayette, IN 47907-1393 (USA)
Fax: (+1) 765-494-0239
E-mail: chandran@chem.purdue.edu

[**] Wir danken dem Purdue Borane Research Fund für finanzielle Unterstützung.

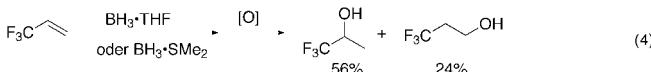
wird. Mehrere Gasphasenreaktionen von Diboran mit fluor-substituierten Olefinen wurden beschrieben. Barotcha, Stone und Mitarbeiter beschreiben in der ersten derartigen Untersuchung die Reaktion von Diboran mit Tetra-, Tri-, 1,1-Di- und Monofluorethylen bei hohen Temperaturen und bei Raumtemperatur. Dabei entstand ein komplexes Produktgemisch.^[5] Beispielsweise liefert die Reaktion mit 1,1-Difluorethylen zahlreiche Produkte, die durch den Austausch von Fluor gegen Wasserstoff zwischen Olefin und Boran entstehen [Gl. (1)]. Stone und Mitarbeiter berichteten später, daß



die Reaktion von 3,3,3-Trifluor-1-propen **1** mit 0.25 Äquivalenten Diboran bei Raumtemperatur über 1–2 Wochen mehrere Produkte ergab – zu 56% entstanden 1,1-Difluorpropen sowie die entsprechende reduzierte Verbindung, und weitere 18% waren (3,3,3-Trifluor-1-propyl)boran-Derivate [Gl. (2)]. Ihre Schlußfolgerung war, daß das erste Produkt durch Addition von Boran an das mittlere Kohlenstoffatom und anschließende β -Eliminierung gebildet wird [Gl. (3)].^[6]

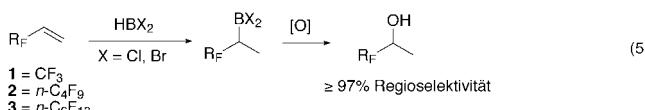
Seitdem sind etliche Hydroborierungsreagentien mit unterschiedlichen sterischen und elektronischen Eigenschaften in den Handel gekommen,^[2] aber keines davon wurde je an fluorsubstituierten Olefinen getestet. Wir berichten hier über die faszinierenden Ergebnisse unserer systematischen Untersuchung der Hydroborierung von Perfluoralkylethenen ($R_xCH=CH_2$) mit solchen Reagenzien.

Bei der Umsetzung von 3,3,3-Trifluorpropen **1** mit einem Äquivalent $\text{BH}_3 \cdot \text{THF}$ bei Raumtemperatur zeigte das ^{11}B -NMR-Spektrum der Mischung nach fünf Minuten drei Signale bei $\delta = 0.12$ (q), 5.5 (t) und 9.5 (d). Diese entsprechen dem nicht umgesetzten $\text{BH}_3 \cdot \text{THF}$, einem Monoalkylboran bzw. einem Dialkylboran. Die Konzentration des Dialkylborans stieg mit der Zeit, bis nach vier Stunden keine weitere Änderung mehr zu beobachten war. Dem ^{11}B -NMR-Spektrum zufolge lagen nun BH_3 , RBH_2 und R_2BH im Verhältnis 2.5:4.5:1 vor. Die Oxidation der Reaktionsmischung mit alkalischem H_2O_2 ergab in einer gaschromatographisch bestimmten Ausbeute von 82 % die Alkohole 1,1,1-Trifluor-2-propanol und 3,3,3-Trifluor-1-propanol im Verhältnis 7:3 [Gl. (4)]. Die Reaktion von **1** mit einem Äquivalent $\text{BH}_3 \cdot \text{SMe}_2$ bei Raumtemperatur und anschließende Oxidation mit alkalischem H_2O_2 lieferten Ergebnisse ähnlich denen der Hydroborierung mit $\text{BH}_3 \cdot \text{THF}$ [Gl. (4)].



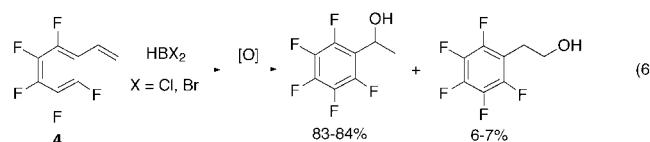
Die Hydroborierung von **1** mit $\text{ClBH}_2 \cdot \text{SMe}_2$ in Et_2O war langsam und nach 24 h abgeschlossen. Die Oxidation dieser Mischung lieferte den sekundären und primären Alkohol im Verhältnis 3:2. Der Anstieg des Anteils an primärem Alkohol beruht möglicherweise auf einer erhöhten Bildung der Dialkylboran-Zwischenstufe. Wegen der Größe des in der ersten Hydroborierung gebildeten R_2BHCl -Reagens erfolgte dabei die zweite Hydroborierung vermutlich am terminalen Kohlenstoffatom des Olefins.

Wir vermuteten, daß die Hydroborierung mit Reagenten mit nur einem Wasserstoffatom am Boratom, z.B. 9-Borabi-cyclo[3.3.1]nonan (9-BBN), Catecholboran (CB) oder Di-chlorboran, selektiv den sekundären Alkohol liefern könnte. 9-BBN reagierte im beobachteten Zeitraum von 24 h jedoch nur sehr langsam mit dem Olefin. Catecholboran zeigte selbst nach Tagen keine Anzeichen einer Reaktion. Glücklicherweise reagierte Cl_2BH augenblicklich, und die Oxidation der Alkylboran-Zwischenstufe führte zum sekundären Markownikow-Alkohol in 98 % Isomerenreinheit (GC) neben 2 % des primären Alkohols [Gl. (5)]. Cl_2BH setzten wir dabei aus $\text{Cl}_2\text{BH} \cdot \text{SMe}_2$ durch Addition von $\text{BCl}_3^{[7]}$ frei oder stellten es nach der Methode von Matteson et al.^[8] ($\text{BCl}_3 + \text{R}_2\text{SiH}$) her.



Wir führten danach Hydroborierungen von 3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-Tridecafluor-1-octen **3** mit ClBH_2 und Cl_2BH durch. Die Ergebnisse der Hydroborierung waren ähnlich wie bei **1**, das Produktverhältnis der Hydroborierung mit $\text{ClBH}_2 \cdot \text{SMe}_2$ verlief allerdings mit besserer Regioselektivität. Die sekundären und primären Alkohole entstanden dabei im Verhältnis 84:16. Cl_2BH lieferte mit praktisch quantitativer Regioselektivität den sekundären Alkohol [Gl. (5)]. Ausgehend von den Olefinen **2** und **3** isolierten wir die entsprechenden Alkohole in 72–86 % Ausbeute.

Anschließend untersuchten wir die Hydroborierung von 2',3',4',5',6'-Pentafluorstyrol **4** als repräsentatives Perfluoraryl-ethylen. Es wurde berichtet, daß die Hydroborierung von Styrol mit $\text{BH}_3 \cdot \text{THF}$ eine 4:1-Mischung aus primärem und sekundärem Alkohol liefert.^[2] Die Reaktion von **4** mit $\text{BH}_3 \cdot \text{THF}$ bei Raumtemperatur war nach 5 h beendet, und das ^{11}B -NMR-Spektrum enthielt die Signale für die Mono- und Dialkylboran-Produkte im Verhältnis von 4:1. Die Oxidation dieser Mischung lieferte in einer Gesamtausbeute von 66% an isoliertem Produkt den sekundären und primären Alkohol im Verhältnis von 4:1. Dagegen reagierte Cl_2BH augenblicklich und ergab nach Oxidation in 90% Ausbeute eine 92:8-Mischung aus sekundärem und primären Alkohol [Gl. (6)].



Die Hydroborierung von **1–4** mit Br_2BH lieferte Ergebnisse ähnlich den mit Cl_2BH erzielten. Tabelle 1 zeigt die entsprechenden Daten. Zusammenfassend lässt sich sagen: Wir haben die Hydroborierung einer Reihe von Perfluoralkylethylenen sowie von 2',3',4',5',6'-Pentafluorstyrol mit

Tabelle 1. Hydroborierung von Perfluoralkyl(aryl)ethylenen $\text{R}_\text{F}\text{CH}=\text{CH}_2$ mit ausgewählten Hydroborierungsreagentien bei Raumtemperatur.

Olefin	R_F	Reagens	Solvans	Reaktionszeit [h]	Produktalkohol Ausb. [%] ^[a]	sec:pri ^[b]
1	CF_3	$\text{BH}_3 \cdot \text{SMe}_2$	Et_2O	3	79 ^[c]	70:30
1	CF_3	$\text{BH}_3 \cdot \text{THF}$	THF	4	82 ^[c]	71:29
1	CF_3	$\text{BH}_2\text{Cl} \cdot \text{SMe}_2$	Et_2O	24	80 ^[c]	59:41
1	CF_3	$\text{BHCl}_2 \cdot \text{SMe}_2$	Hexan	sofort	81 ^[c]	98:2
1	CF_3	BHCl_2	Hexan	sofort	81 ^[c]	98:2
1	CF_3	BHBr_2	Hexan	sofort	85 ^[c]	97:3
2	$n\text{-C}_4\text{F}_9$	$\text{BH}_3 \cdot \text{SMe}_2$	Et_2O	3	71	84:16
2	$n\text{-C}_4\text{F}_9$	$\text{BH}_3 \cdot \text{THF}$	THF	4	73	85:15
2	$n\text{-C}_4\text{F}_9$	$\text{BH}_2\text{Cl} \cdot \text{SMe}_2$	Et_2O	24	68	84:16
2	$n\text{-C}_4\text{F}_9$	$\text{BHCl}_2 \cdot \text{SMe}_2$	Hexan	sofort	75	99:1
2	$n\text{-C}_4\text{F}_9$	BHCl_2	Hexan	sofort	85	$\geq 99:1^{\text{[d]}}$
2	$n\text{-C}_4\text{F}_9$	BHBr_2	Hexan	sofort	86	99:1
2	$n\text{-C}_4\text{F}_9$	9-BBN	THF	sehr langsame Reaktion		
2	$n\text{-C}_4\text{F}_9$	CB	THF	keine nachweisbare Reaktion		
3	$n\text{-C}_6\text{F}_{13}$	$\text{BH}_3 \cdot \text{SMe}_2$	Et_2O	3	72	80:20
3	$n\text{-C}_6\text{F}_{13}$	$\text{BH}_3 \cdot \text{THF}$	THF	4	74	83:17
3	$n\text{-C}_6\text{F}_{13}$	$\text{BH}_2\text{Cl} \cdot \text{SMe}_2$	Et_2O	24	74	84:16
3	$n\text{-C}_6\text{F}_{13}$	$\text{BHCl}_2 \cdot \text{SMe}_2$	Hexan	sofort	77	$\geq 99:1^{\text{[d]}}$
3	$n\text{-C}_6\text{F}_{13}$	BHCl_2	Hexan	sofort	77	$\geq 99:1^{\text{[d]}}$
3	$n\text{-C}_6\text{F}_{13}$	BHBr_2	Hexan	sofort	80	99:1
4	C_6F_5	$\text{BH}_3 \cdot \text{THF}$	THF	5	66	79:21
4	C_6F_5	$\text{BHCl}_2 \cdot \text{SMe}_2$	Hexan	sofort	90	92:8
4	C_6F_5	BHBr_2	Hexan	sofort	90	94:6

[a] Ausbeute an isoliertem Produkt, sofern nicht anders angegeben. [b] Gaschromatographisch bestimmt. [c] Gaschromatographisch bestimmte Ausbeute. [d] Es wurde kein primärer Alkohol nachgewiesen.

mehreren Hydroborierungsreagentien untersucht. Cl_2BH und Br_2BH hydroborierten diese Olefine mit einer präzisen Markownikow-Regioselektivität von $\geq 92\%$. Zur Zeit befassen wir uns mit der Anwendung dieser Fluoralkylborane in der Synthese ausgewählter fluororganischer Verbindungen.

Experimentelles

Alle Versuche wurden unter Inertgasatmosphäre durchgeführt.^[9] In einem typischen Experiment zur Hydroborierung von **3** mit Cl_2BH wurde Trimethylsilan (1.48 g, 20 mmol) zu einer auf -78°C gekühlten Lösung von BCl_3 (20 mL, 1.0 M in Hexan, 20 mmol) und **3** (6.92 g, 20.0 mmol) gegeben. Die Hydroborierung war laut $^{11}\text{B-NMR}$ -Spektrum ($\delta = 60.4$) fast augenblicklich abgeschlossen. Die Lösung wurde auf Raumtemperatur erwärmt, mit 5 mL Wasser versetzt und mit gesättigter Na_2CO_3 -Lösung neutralisiert. Die flüchtigen Bestandteile wurden unter verminderter Druck entfernt, der Rückstand in Diethylether gelöst und mit einer Mischung aus NaOH (20.0 mmol) und H_2O_2 (20.0 mmol) oxidiert. Das Rohprodukt wurde gaschromatographisch mit einer Carbowax-20-Säule analysiert. Es wurde kein primärer Alkohol nachgewiesen. Die Destillation ($76^\circ\text{C}/25$ Torr) ergab 5.61 g (77 %) 3,3,4,4,5,5,6,6,6-Nonafluor-2-hexanol.

Eingegangen am 16. Dezember 1998 [Z12790]
International Edition: *Angew. Chem. Int. Ed.* **1999**, *38*, 2052–2054

Stichwörter: Borane • Fluoralkene • Hydroborierungen

- [1] Neuere Übersichten: *Biomedical Frontiers of Fluorine Chemistry* (Hrsg.: I. Ojima, J. R. McCarthy, J. T. Welch), ACS Symposium Series 639, American Chemical Society, Washington DC, **1996**.
- [2] A. Pelter, K. Smith, H. C. Brown, *Borane Reagents*, Academic Press, New York, **1988**.
- [3] a) J. Ichikawa, S. Hamada, T. Sonoda, H. Kobayashi, *Tetrahedron Lett.* **1992**, *33*, 3779, zit. Lit.; b) P. V. Ramachandran, A. V. Teodorović, H. C. Brown, *Tetrahedron* **1993**, *49*, 1725; c) P. V. Ramachandran, B. Gong, A. V. Teodorović, H. C. Brown, *Tetrahedron: Asymmetry* **1994**, *5*, 1061; d) P. V. Ramachandran, B. Gong, A. V. Teodorović, H. C. Brown, *Tetrahedron: Asymmetry* **1994**, *5*, 1075; e) P. V. Ramachandran, B. Gong, H. C. Brown, *J. Org. Chem.* **1995**, *60*, 61.
- [4] a) H. C. Brown, B. C. Subba Rao, *J. Am. Chem. Soc.* **1956**, *78*, 5694; b) H. C. Brown, *Hydroboration*, Benjamin, Reading, MA, **1962**.
- [5] B. Barotcha, W. A. G. Graham, F. G. A. Stone, *J. Inorg. Nucl. Chem.* **1958**, *6*, 119.
- [6] J. R. Phillips, F. G. A. Stone, *J. Chem. Soc.* **1962**, 94.
- [7] H. C. Brown, N. Ravindran, *J. Org. Chem.* **1977**, *42*, 2733.
- [8] D. S. Matteson, R. Soundararajan, *J. Org. Chem.* **1990**, *55*, 2274.
- [9] *Organic Syntheses via Boranes*, Wiley-Interscience, New York, NY, **1975**, Nachdruck, Vol. I, Aldrich Chemical Co. Inc., Milwaukee, WI, **1997**, Kap. 9.

N-Oxidation von Epothilon A – C und O-Acylumlagerung zu C-19- und C-21-substituierten Epothilonen**

Gerhard Höfle,* Nicole Glaser, Michael Kiffe, Hans-Jürgen Hecht, Florenz Sasse und Hans Reichenbach

Professor Wolfgang Steglich zum 65. Geburtstag gewidmet

Die Epothilone A (**1a**) und B (**1b**) bilden die Stammverbindungen einer neuen Familie cytotoxischer und antifungischer Makrolide aus dem Myxobakterium *Sorangium cellulosum*.^[1] Ihre Wirkung auf eukaryontische Zellen beruht nach Bollag et al.^[2] auf einer Induktion der Tubulin-Polymerisation und einer Stabilisierung der Microtubuli, in deren Folge es zu einer massiven Störung der Mitose und schließlich zum programmierten Zelltod (Apoptose) kommt. Dieser für lange Zeit sehr seltene Wirkmechanismus wurde erstmals bei Taxol (Paclitaxel) beobachtet^[3] und kürzlich auch für Discosidomol,^[4] einem Polyketid aus marinen Schwämmen, und

[*] Prof. Dr. G. Höfle, Dipl.-Chem. N. Glaser, Dr. M. Kiffe^[+]
Abteilung Naturstoffchemie
Gesellschaft für Biotechnologische Forschung
Mascheroder Weg 1, D-38124 Braunschweig
Fax: (+49) 531-6181-461
E-mail: G.Hofle@gbf.de
Dr. H.-J. Hecht
Abteilung Strukturforschung
Gesellschaft für Biotechnologische Forschung, Braunschweig
Dr. F. Sasse, Prof. Dr. H. Reichenbach
Abteilung Naturstoffbiologie
Gesellschaft für Biotechnologische Forschung, Braunschweig

[+] Neue Anschrift:
Novartis Crop Protection AG, CH-4002 Basel (Schweiz)

[**] Diese Arbeit wurde von der Firma Bristol-Myers Squibb und vom Fonds der Chemischen Industrie gefördert. Wir danken Frau S. Pohlan, Frau S. Weißflog und Herrn Ing. H. Steinmetz für technische Mitarbeit sowie Herrn Dr. V. Wray und den Mitarbeitern der Abteilung Strukturforschung für die Aufnahme der NMR- und Massenspektren.